

ELEKTROOPTISCHER MODULATOR

10/542556
JC17 Rec'd PCT/PTO 18 JUL 2005

Patent number: DD254867
Publication date: 1988-03-16
Inventor: SCHWERTNER DIETMAR (DD); KANITZ ANDREAS (DD); GRAEFE DIETER (DD)
Applicant: ADW DDR (DD)
Classification:
- international: G02F1/00
- european:
Application number: DD19830258979 19831230
Priority number(s): DD19830258979 19831230

Report a data error here

Abstract not available for DD254867

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

(19) DD (11) 254 867 A3

4(51) G 02 F 1/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21)	WP G 02 F / 258 979 1	(22)	30.12.83	(45)	16.03.88
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71)	Akademie der Wissenschaften der DDR, Otto-Nuschke-Straße 22/23, Berlin, 1080, DD
(72)	Schwertner, Dietmar, Dipl.-Ing.; Kanitz, Andreas, Dipl.-Chem.; Gräfe, Dieter, Dipl.-Phys., DD

(54)	Elektrooptischer Modulator
------	----------------------------

(57) Durch die Erfindung wird die Aufgabe der homogenen, linearen Phasenmodulation des Lichtes gelöst. Ihre Anwendung erfolgt in Geräten, die optisch-physikalische Wirkungsprinzipien enthalten. Ziel der Erfindung ist es, die optische Transparenz von elektrooptischen Modulatoren, die den longitudinalen elektrooptischen Effekt an elektrooptischen Kristallen ausnutzen, zu verbessern und die Kosten für deren Herstellung wesentlich zu senken. Erfindungsgemäß wurde die Aufgabe dadurch gelöst, daß zur Ausbildung kontinuierlicher, optisch transparenter Elektroden eine Flüssigkeit eingesetzt wird.

Erfindungsanspruch:

1. Elektrooptischer Modulator unter Ausnutzung des longitudinalen elektrooptischen Effektes an elektrooptischen Kristallen, bestehend aus einem Behälter mit den optischen Fenstern (7 und 7') und einem elektrooptischen Kristall (5) mit zueinander parallelen Lichtein- und Lichtaustrittsflächen, welche jeweils eine Wand von zwei galvanisch getrennten Kammern (6 und 6') bilden, **gekennzeichnet dadurch**, daß sich in den Kammern (6 und 6') eine optisch transparente, elektrisch leitende, wasserfreie, die Elektroden darstellende Flüssigkeit organisch polaren oder anorganischen Charakters mit einem chemischen Zusatz befindet.
2. Anspruch nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Flüssigkeit einen chemischen Zusatz enthält, welcher ein quarterniertes Ammoniumsalz einer Alkan- oder Alkanidsäure, einer Halogenwasserstoffsäure, ein Kronenetherkomplex oder ein komplexes Salz der Borsäure ist.
3. Anspruch nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Flüssigkeit ein Alkohol, ein Lewissäure-Base-Addukt, ein Borazolderivat, einen Kohlenwasserstoff, einen Kronenether, eine organische Stickstoffbase oder die Schmelze eines Salzes ist.
4. Anspruch nach Punkt 1, 2 und 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Elektrodenflüssigkeit eine entsprechend fluoridierte als auch deuterierte Spezies ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft einen elektrooptischen Modulator, bei dem durch Anlegen einer elektrischen Spannung der Polarisationszustand eines linear polarisierten Lichtstrahles beeinflußt wird. Anordnungen dieser Art können beispielsweise in Spektralphotometern, elektrisch gesteuerten Lichtverschlüssen, Lichtmengenreglern, Lichtwegeumschaltern oder auch Meßanordnungen zur Bestimmung der Dicke von Filmen usw. verwendet werden.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Lichtmodulatoren, welche unter Ausnutzung des longitudinalen elektrooptischen Effektes in einer einkristallinen Platte das Licht phasenmodulieren, sind bereits bekannt (z. B. OS DT 2056576; OS DT 24299813 A 1 und OS DE 2903838 A 1). Derartige Anordnungen benutzen zum Anlegen des elektrischen Feldes an den Kristall elektrisch leitende, optisch transparente Elektroden, welche an der Lichtein- und Lichtaustrittsseite des Kristalls angeordnet sind.

Der Kristall besteht aus einem elektrooptisch aktivem Material, dessen optische Achse Z senkrecht zur Plattenoberfläche verläuft. Bringt man einen derartigen Kristall, z. B. ADP, KDP oder DKDP, in ein parallel zu seiner optischen Achse Z gerichtetes Feld, so ändert sich die Indikatrix für Licht, das sich längs der optischen Achse ausbreitet.

Das in Richtung der kristallographischen Achse X oder Y einfallende, linear polarisierte Licht erfährt eine Aufspaltung in zwei senkrecht zueinander stehende Lichtkomponenten, die parallel zu den piezoelektrischen Achsen des Kristalls liegen. Durch den elektrisch bedingten Unterschied der Brechungsindizes weisen aber beide Lichtkomponenten bekanntermaßen einen Phasenunterschied auf, wenn sie den Kristall verlassen.

Dieser Effekt ist linear, so daß das Licht proportional zur Potentialdifferenz zwischen der Lichtein- und -austrittsfläche des Kristalls phasenmoduliert wird.

Die Ausführung der optisch transparenten Elektroden ist ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal derartiger Anordnungen. Grundsätzlich können die Elektroden strukturiert oder kontinuierlich ausgeführt werden.

Das Licht kann bei den bekannten strukturierten Elektroden nur durch die unbedeckten, transparenten Flächen des Kristalls treten. Diese Anordnungen haben, verglichen mit kontinuierlich ausgebildeten Elektroden, den Vorteil der UV-Transparenz. Demgegenüber stehen zahlreiche Nachteile, die sich im wesentlichen aus der Inhomogenität des elektrischen Feldes ergeben, welche durch die Struktur der Elektroden bedingt ist.

Zur Vermeidung der Nachteile wurde auch bekannt, kontinuierliche, optisch transparente, elektrisch leitende Filme auf dem Kristall anzuordnen.

Derartige kontinuierliche Filme vermeiden die Nachteile strukturierter Elektroden. Sie können entweder aus Halbleiteroxiden, z. B. In_2O_3 , SnO_2 , ZnO , TiO_2 usw. oder aus Metallen bestehen. Bei Halbleiteroxiden haben sich aus der Vielzahl von Schichtzusammensetzungen im wesentlichen nur Sb-dotiertes Zinnoxid und Sn-dotiertes Indiumoxid durchgesetzt, wobei Flächenwiderstände von $\approx 50 \Omega/\square$ bei Transparenzen von 80% im sichtbaren Spektralbereich üblich sind. Da die Transparenz kontinuierlicher Halbleiteroxidelektroden nur von $0.4 \dots 1 \mu\text{m}$ bzw. bei entsprechender Dotierung von $0.4 \dots 7 \mu\text{m}$ reicht, ist ihre Anwendung für den Aufbau UV-transparenter elektrooptischer Bauelemente nicht möglich.

Es ist auch bekannt, zur Ausbildung kontinuierlicher Elektroden dünne metallische Schichten einzusetzen. Bei entsprechendem Schichtmaterial und genügend geringer Schichtdicke ist es möglich, die Transparenz derartiger kontinuierlicher Elektroden auch auf das UV-Gebiet auszudehnen.

Durch Verringerung der Schichtdicke ist hierbei grundsätzlich eine Verbesserung der Transparenz möglich. Dem sind jedoch Grenzen gesetzt, da gleichzeitig damit der Flächenwiderstand und das Alterungsverhalten der Elektroden negativ beeinflusst werden, so daß bei der Wahl der Schichtdicke ein Kompromiß eingegangen werden muß.

Das führt dazu, daß Elektroden aus dünnen Metallschichten zwar sehr gute Flächenwiderstände erreichen, jedoch bezüglich ihrer Transparenz nicht mit Halbleiteroxidelektroden verglichen werden können.

Allen bisher bekannten Anordnungen mit kontinuierlichen Elektroden ist es gemeinsam, daß zu ihrer Ausführung dünne Filme fester Werkstoffe verwendet werden.

Das führt dazu, daß diese Elektroden eine mehr oder weniger große Eigenabsorption des zu modulierenden Lichtes aufweisen.

Es sind verschiedene konstruktiv und technologisch aufwendige Maßnahmen bekannt, um diesen Nachteil zu mildern. Diese bestehen z. B. in der Einführung mehrschichtiger Elektrodenysteme mit Schutz- und Passivierungsschichten

(OS DT 2429813 A 1) oder z. B. in der Einführung zusätzlicher Hilfselektroden (OS DE 2903838 A 1).

Grundsätzlich vermeiden läßt sich dieser Nachteil nicht. Er ist physikalisch bedingt, da wie aus der Festkörperphysik bekannt ist, optische Transparenz und elektrische Leitfähigkeit bei festen Werkstoffen in der Regel einander ausschließen. Weiterhin nachteilig ist, daß zum Schutz der empfindlichen elektrooptischen Kristalle und der auf ihnen angeordneten Schichtsysteme optische Fenster eingesetzt werden müssen, wodurch zusätzliche Transparenzverluste, bedingt durch das Material der optischen Fenster und zusätzlicher Grenzflächenübergänge, auftreten.

Nachteilig ist in diesem Zusammenhang auch, daß die bei höheren Betriebsfrequenzen und/oder Betriebsspannungen des Modulators entstehende Verlustwärme schlecht abgeführt werden kann.

Bei den bisher bekannten Elektrodenanordnungen müssen die zur Kontaktierung dünner Schichten notwendigen Kontaktflächen ebenfalls auf dem elektrooptischen Kristall angeordnet werden. Zur Vermeidung von Hochspannungsüberschlägen ist es notwendig, daß die Kontaktflächen einen gewissen Sicherheitsabstand zu den Kristallrändern einhalten.

Damit ergibt sich der Nachteil, daß nur ein Teil der optischen Fläche des Kristalls ausgenutzt werden kann und die Apertur des Modulators viel kleiner sein muß, als die maximale, bei voller Ausnutzung der Kristallfläche mögliche Apertur.

In ökonomischer Hinsicht haftet allen bekannten Anordnungen, die dünne Filme aus festen Werkstoffen zur Ausbildung der optisch transparenten Elektroden verwenden, der Nachteil an, daß zu ihrer Herstellung in der Regel kostenaufwendige und störanfällige Hochvakuumtechnologien angewendet werden müssen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Verbesserung der optischen Transparenz elektrooptischer Modulatoren, die den longitudinalen elektrooptischen Effekt an elektrooptischen Kristallen ausnutzen bei gleichzeitiger Senkung des für die Herstellung notwendigen technologischen Aufwandes.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen elektrooptischen Modulator anzugeben, der zur Ausnutzung des longitudinalen elektrooptischen Effektes an elektrooptischen Kristallen kontinuierliche optisch transparente Elektroden verwendet, wobei die Nachteile derartiger Elektroden vermieden werden.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß für die Ausbildung kontinuierlicher optisch transparenter Elektroden eine Flüssigkeit verwendet wird.

Der elektrooptische Modulator besteht aus zwei galvanisch getrennten Kammern mit einer gemeinsamen Trennwand, die durch eine elektrooptische Kristallplatte gebildet wird.

In den Kammern befindet sich eine lichttransparente, elektrisch leitende, wasserfreie Flüssigkeit, welche die Elektroden auf den optischen Flächen des Kristalls darstellt.

Die elektrische Leitfähigkeit wird durch ionische Leitung erreicht.

Die Substanz kann sowohl unterschiedlich organisch polaren, als auch anorganischen Charakter tragen.

Die ionische Leitung kann durch die flüssige Substanz selbst erfolgen oder sie kann durch den Zusatz einer chemischen Verbindung erzeugt bzw. verbessert werden.

Die Polarität der Substanz ist so bemessen, daß trotz Anlegen eines elektrischen Feldes der elektrooptische Kristall nicht angegriffen wird.

Durch die Anwendung fluorierter Derivate ist es möglich, die UV-Absorption der Elektrodenflüssigkeit zu verringern.

Besteht der elektrooptische Kristall aus deuteriertem Material, wird der Austausch von Deuteronen gegen Protonen im elektrooptischen Kristall vermieden, indem die Protonen der flüssigen Substanz, die einen Austausch mit den Deuteronen des Kristalls ermöglichen, durch Deuteronen ersetzt werden.

Die Elektrodenflüssigkeit kann im VIS- oder im UV-VIS-Bereich des optischen Spektrums arbeiten.

Die optischen Flächen des elektrooptischen Kristalls sind nicht beschichtet und tragen keine elektrischen Kontaktierungsflächen.

Ein weiteres Merkmal der Erfindung besteht in der Mehrfachfunktion der Elektrodenflüssigkeit: Sie besitzt neben ihrer Eigenschaft als Elektrode gleichzeitig noch die Funktion als Immersionsflüssigkeit und Wärmeableitungsflüssigkeit. Außerdem dient sie zur Dämpfung von piezooptischen Schwingungen.

Ausführungsbeispiel

Mit einem Ausführungsbeispiel soll die Erfindung an Hand von zwei Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1: Schnitt durch einen elektrooptischen Modulator

Fig. 2: Ansicht des elektrooptischen Kristalls

Wie Fig. 1 zeigt, ist der elektrooptische Kristall 5 durch eine elastische Verklebung 12 mit den metallischen Kontakten 3 und 3' verbunden. Die metallischen Kontakte 3 und 3' tragen den nach außen führenden elektrischen Anschluß 1 bzw. 1' sowie eine Einfüllöffnung 8 bzw. 8'. Die Einfüllöffnungen 8 und 8' sind als Gewindedurchgangslöcher ausgeführt und können durch die Verschlüsse 10 bzw. 10', die in Form von Gewindestiften ausgeführt sind, geschlossen werden. Die optischen Fenster 7 und 7' sind durch die elastische Verklebung 11 und 9' mit den metallischen Kontakten 3 und 3' verbunden, so daß die hermetisch verschließbaren Kammern 6 und 6' entstehen. Die Kammern 6 und 6' werden durch ein Vakuumtränkverfahren mit der Elektrodenflüssigkeit blasenfrei gefüllt. Wird der Modulator größeren Temperaturschwankungen ausgesetzt, können vor dem Schließen der Verschlüsse 10 und 10' in den Kammern 6 und 6' die Luftblasen 4 und 4' erzeugt werden. Dadurch wird die durch thermische Ausdehnung bedingte Volumenänderung der Elektrodenflüssigkeit kompensiert. Durch den Epoxidharzverguß 11 werden die optischen Fenster 7 und 7' zueinander fixiert und ein elektrisch isolierter Aufbau realisiert. Der elektrooptische Kristall besteht aus einem dünnen, in 0°-Z-Richtung geschnittenen einkristallinen Plättchen aus deuteriertem Kaliumdihydrogenphosphat (DKDP). Die kristallographischen Achsen x und y stehen senkrecht auf den Seitenflächen des einkristallinen Plättchens⁵ (s. Fig. 2). Die Dicke des Kristallplättchens ist durch die optische Bearbeitungstechnologie begrenzt. Der elektrooptische Kristall 5 arbeitet als Lichtsteuerelement im elektrooptischen Modulator. Es ist vorteilhaft, ein möglichst dünnes Kristallplättchen zu verwenden, um eine spektral breitbandige Anwendung des Modulators zu ermöglichen. Außerdem sind die Anforderungen an die Divergenz des zu modulierenden Lichtes nicht so hoch, wie bei größeren Kristalldicken. Ein wesentlicher Vorteil besteht darin, daß jegliche Beschichtung und die sonst übliche Anordnung von elektrischen Kontakten auf den optischen Flächen des Kristalls entfallen, womit die Grundlage für eine billige Herstellung des Modulators gegeben ist, da der Einsatz kostspieliger und störanfälliger Hochvakuumtechnologie nicht mehr notwendig ist. Ein weiterer, damit verbundener Vorteil besteht darin, daß bei entsprechender Konstruktion die optische Oberfläche des Kristalls vollständig für die Apertur des Modulators ausgenutzt werden kann. Durch die Verwendung von Flüssigkeiten zur Ausbildung kontinuierlicher Elektroden entstehen erfindungsgemäß weitere Vorteile, die im folgenden näher erläutert werden. Da die Flüssigkeit in den Kammern 6 und 6' jeweils sowohl die Innenseite der optischen Fenster 7 und 7' als auch die Lichtein- und Lichtaustrittsflächen des elektrooptischen Kristalls 5 direkt berührt, entfallen die Reflexionsverluste für insgesamt 4 Grenzflächenübergänge, was einem Transparenzgewinn von etwa 12% entspricht, so daß der elektrooptische Modulator im Arbeitsbereich eine optische Transparenz von 92% erreicht, unter der Annahme, daß nicht vergütete optische Fenster eingesetzt werden. Die Transmissionsverluste des elektrooptischen Kristalls 5, der Elektrodenflüssigkeit in den Kammern 6 und 6' und der optischen Fenster 7 und 7' können im VIS-Bereich vernachlässigt werden. Ein weiterer Vorteil entsteht durch die Ausnutzung des Wärmeleitvermögens der Elektrodenflüssigkeit. Durch den innigen Kontakt der Elektrodenflüssigkeiten mit dem elektrooptischen Kristall 5 kann dessen Verlustwärme, die insbesondere bei größeren Modulationsfrequenzen und hohen Modulationsspannungen entsteht, wesentlich besser abgeführt werden als bei bekannten Anordnungen vergleichbarer Art. Die Zusammensetzung der Elektrodenflüssigkeiten kann verschiedenartig sein. Sie richtet sich nach dem verwendeten elektrooptischen Kristall, dem optischen Arbeitsbereich und der elektrischen Betriebsart des Modulators. Die Zusammensetzung der Elektrodenflüssigkeit wird als Beispiel für einen elektrooptischen Modulator angegeben, der im VIS-Bereich des optischen Spektrums arbeitet.

Elektrooptischer Kristall:	DKDP; 1,5 mm dick, 0°-Z-geschnitten
flüssige Substanz:	n-Decanol - d ₁
chemischer Zusatz:	N-Cetyl - N, N, N - trimethylammoniumbromid (CTAB)

Der Modulator arbeitet bis zu einer Frequenz von 2 kHz einschließlich Gleichspannungsbetrieb bei Modulationsspannungen bis zu 10 kV. Das bedeutet, daß im Halbwellenbetrieb die Modulation von Licht bis zu einer Wellenlänge von 900 nm möglich ist. Durch die aprotische und unpolare Alkylgruppe des primären Alkohols wird die Azidität des Wasserstoffs der OH-Gruppe unterdrückt, so daß auch bei großen Modulationsspannungen und kleinen Modulationsfrequenzen der elektrooptische Kristall nicht angegriffen wird. Die Polarität des Alkohols ist ausreichend, um ein quarterniertes Ammoniumsalz (CTAB) zu lösen, durch dessen Zusatz die elektrische Leitfähigkeit erreicht wird. Die Substitution der OH-Gruppe des Alkohols durch eine OD-Gruppe verhindert den Austausch von Deuteronen gegen Protonen im elektrooptischen Kristall.

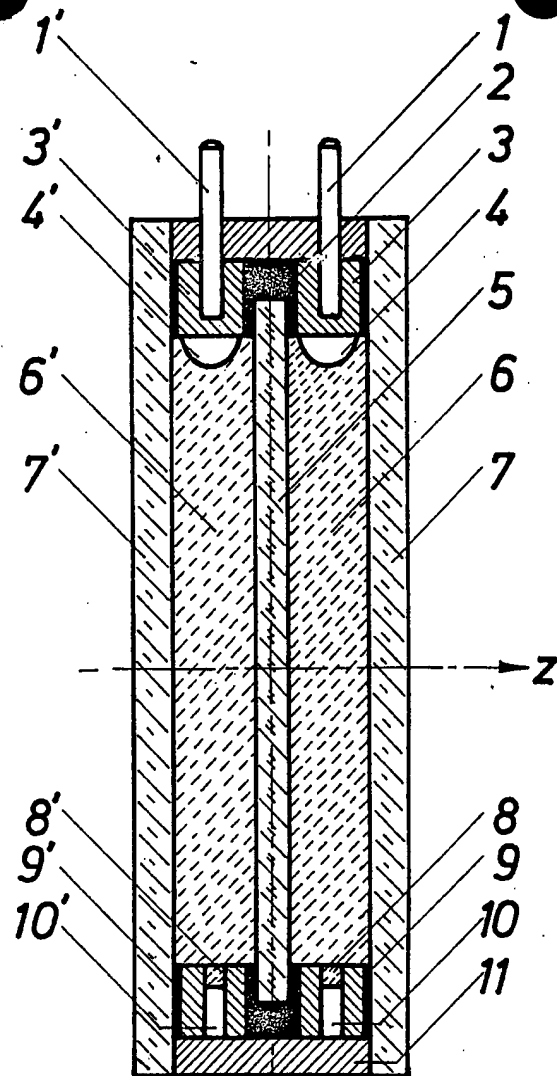


Fig. 1

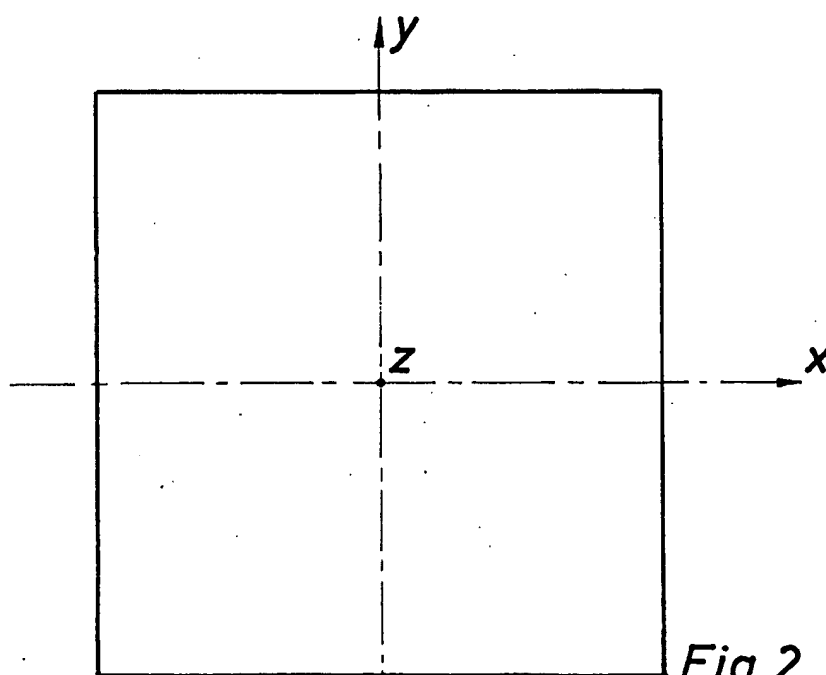


Fig. 2